Ueberreicht von den Verfassern.

Die Kultur als Grundlage zur besseren Unterscheidung systematisch schwieriger Hyphomyceten.

Von

O. Appel und H. W. Wollenweber.

IMPERIAL BUREAU OF MYCOLOGY 22 JUN 1915

Sonderabdruck aus den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft,
Jahrgang 1910, Band XXVIII, Heft 8.

BERLIN,
GEBRÜDER BORNTRÆGER,
1910.

Sonderabdruck aus den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Jahrgang 1910, Band XXVIII, Heft 8.

60. O. Appel und H. W. Wollenweber: Die Kultur als Grundlage zur besseren Unterscheidung systematisch schwieriger Hyphomyceten.

(Mit Tafel XIII und 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 28. Oktober 1910.)

Die Notwendigkeit, eine Reihe von Pilzen der Gattung *Fusarium* auf ihre Pathogenität für verschiedene Kulturpflanzen zu prüfen, brachte es mit sich, der Systematik dieser Gattung näher zu treten[1]). Dabei ergab sich, daß es bei dem bisherigen Stande der Kenntnis dieser Gattung kaum möglich ist, die Arten nach ihrer Beschreibung wiederzufinden, eine Tatsache, die auch für andere Gattungen zutrifft. Die Ursache hierzu liegt nicht allein, wie man annahm, in der großen Variabilität dieser Pilze, sondern auch in der Art ihrer bisherigen Bearbeitung. Bei den Hyphomyceten mit Sichelsporen z. B. hat man die Art der Verlagerung der Konidien als Gattungsmerkmal benutzt, für die Artunterscheidung Größe und Septierung der Konidien sowie die Farbstoffbildung herangezogen. Da man aber niemals die Entstehung dieser Merkmale unter dem Einflusse verschiedener Substrate untersucht hat, so haben die verschiedenen Autoren diese Merkmale sehr verschieden bewertet. Einmal veranlaßten die scheinbar gleichartigen Merkmale von Fusarien auf verschiedenen Substraten die Zusammenfassung dieser zu Sammelarten (*Fusarium roseum*), andererseits entwickelte sich nach und nach die Ansicht, daß verschiedene Sichelformen auf gleichen Substraten in den Entwicklungsgang einer Art gehörten (*Fusarium solani*). Abgesehen von einigen, die sich als Sammelarten erhalten haben, ist für die Aufstellung der meisten Arten das Vorkommen in den Vordergrund gestellt worden.

Um über die Gründe der Variabilität Klarheit zu schaffen, war es nötig, von je einer Spore ausgehend, die Organismen in Reinkultur fortdauernd zu beobachten, was natürlich nur auf

1) Appel u. Wollenweber, Grundlagen einer Monographie der Gattung *Fusarium* (Link). Arb. aus d. Kais. Biol. Anst. f. Land- u. Forstwirtschaft. Bd. VIII, Heft 1. 207 Seiten mit 10 Textabb., 2 schwarzen und 1 farb. Doppeltafel. Parey, Berlin 1910.

sterilen Nährböden möglich war. Dabei ergab sich unvermutet eine Reihe von Merkmalen, die für die Kenntnis der Gattung und die Unterscheidung der einzelnen Arten von größter Wichtigkeit geworden sind.

Soweit bisher die Kultur überhaupt für Hyphomyceten herangezogen worden ist, benutzte man in Anlehnung an die Bakteriologie Nährflüssigkeiten, die entweder als solche oder mit Zusatz von Agar und Gelatine als feste Substrate dargereicht wurden. Mit diesen ließen sich im vorliegenden Falle, wie sich bald zeigte, nur selten normale Entwicklungsformen erzielen. Dagegen gelang dies besser mit gekochten Vegetabilien verschiedener Art (Stengel von Kartoffel, Lupine, Pferdebohne, Getreidehalme, Kartoffelknollen u. a.). Für die Entwicklung der normalen Sporenform erwiesen sich die Stengel, für das Hervortreten der Farbstoffe, besonders derjenigen der plectenchymatischen Mycelien, die Knollen am meisten geeignet.

Da sich die zu untersuchenden Fusarien in der Natur bald als bloßes Mycel, bald mit Konidien oder Chlamydosporen vorfanden, so mußten die verschiedenen Entwicklungsstufen als Ausgangspunkt für Kulturen benutzt werden. Dabei ergab sich, daß es durchaus nicht gleichgültig ist, in welchem Zustande der Pilz sich bei Beginn der Kultur befindet. Mycel mit oder ohne Chlamydosporen bildete zunächst reichlich Mycel, an dem oft erst nach einer Reihe von Wochen Konidien entstanden, Konidien dagegen, ob aus der Natur direkt oder durch Kultur gewonnen, brachten auf frischem Substrate schneller, oft schon nach 2 bis 3 Tagen, wieder Konidien hervor. Letztere sind noch nicht gleich normal, sondern schwanken anfangs außerordentlich in Form, Größe und Septierung (Tafel XIII, 4 u. 7), besonders wenn das Substrat sehr feucht ist. Es kommt dabei nicht selten zu tonnenförmigen Anschwellungen der einzelnen Zellen. Dadurch ist die im Schrifttum häufig zu findende Auffassung entstanden, daß für einzelne Arten eine Einschnürung an den Septen charakteristisch sei, Verhältnisse, die auch bei anderen Gattungen noch nicht genügend geklärt sind[1]). Wird die Kultur älter, so entstehen viel gleichmäßigere Sporenformen (Tafel XIII, 1, 2, 3, 5), die viel ausgeprägtere Merkmale aufweisen, und eine gute Unterscheidung zahlreicher Arten ermöglichen (Tafel XIII, 1—6),

1) Die einzige Art, bei der die Einschnürung normal sein könnte, ist *Fusarium constrictum* Penz., dessen Zugehörigkeit zur Gattung *Fusarium* aber, nach Beschreibung und Abbildung zu urteilen, noch fraglich ist.

wenn die Morphologie sorgfältiger als bisher berücksichtigt wird. Bis jetzt hat man sich damit begnügt, Fusarienkonidien als gekrümmt zu bezeichnen, ohne auf die Art und den Grad der Krümmung einzugehen. Höchstens hat man noch von stark- und schwachgekrümmt gesprochen. Vergleichende Untersuchungen haben aber gezeigt, daß die Krümmung bei den verschiedenen Arten recht verschieden ist.

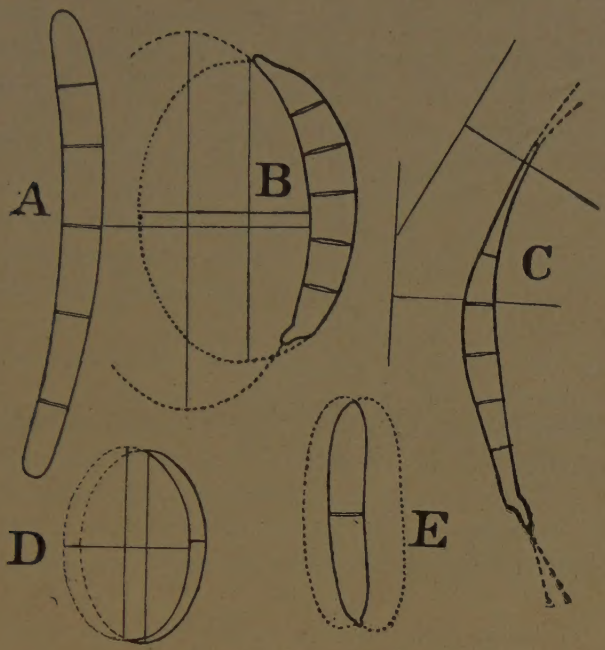


Abb. 1. Konidien. Vergr. 1000.

A. *Fusarium Willkommii* Lind.
B—E. Umriß der Seitenansicht als Einschlußfläche von Kurven dargestellt.
B. *F. rubiginosum* App. et Wollenw.
C. *F. gibbosum* App. et Wollenw.
D. *F. aquaeductuum* aut.
E. *F. didymum* Hart.

Um sich dies klar zu machen, geht man am besten von der dorsiventralen Eorm der Konidie aus und vergleicht den Verlauf der äußeren (Rücken-) und inneren (Bauch-)Linie des optischen Symmetrieschnittes. Betrachtet man die dabei entstehenden Kurven als

Teile von Kegelschnitten, so findet man, daß diese sowohl Ellipsen als Parabeln und Hyperbeln sein können. Die Achsen der Rücken- und Bauchellipse einer Konidie sind selten gleich (*F. aquaeductuum*, Textabb. 1 D); meist sind sie sowohl in ihrer Größe (*F. rubiginosum*, Textabb. 1 B) als in ihrer Lage zueinander verschieden. Ähnlich verhält es sich bei den Arten, bei denen die Kurven der Konidienlängsschnitte Teile von Parabeln und Hyperbeln (*F. gibbosum*, Textabb. 1 C) sind. Endlich gibt es Arten, für deren Konidien keine Kegelschnitte, sondern Kurven höherer Ordnung in Betracht kommen (*F. didymum*, Textabb. 1 E).

Auch die Endzellen, und zwar sowohl die Basal- als auch die Scheitelzellen weisen Verschiedenheiten auf. Die Basalzellen sind selten abgerundet (*F. Willkommii*, Textabb. 1 A), gewöhnlich mit einer Ausstülpung versehen, die bei einigen Arten papillenartig (Textabb. 1 E), bei anderen mehr oder weniger fußartig entwickelt ist (Textabb. 1 B und C). Die Scheitelzellen sind besonders verschieden durch den Grad der Krümmung ihrer idealen Längsachse und die Art der Änderung ihres Querschnitts.

Ein weiteres Moment für die Unterscheidung liegt in den Ausmaßen der Konidien, wobei weniger die bisher in den Vordergrund gerückte Länge als die Breite und beider Verhältnis zueinander zu berücksichtigen sind. Das letztere hat indes nur für die wenig gekrümmten Konidien eine größere Bedeutung, nicht aber für die mit starker Krümmung, da nicht die wirkliche Länge, sondern immer die Verbindungslinie zwischen Basis und Spitze gemessen wird.

Die Variationsweite in der Größe der normalen Konidien wurde aus den Durchschnittswerten einer Reihe von Messungen von Konidienscharen (je 10 Stück) gewonnen, wobei Konidien mit Keimungsquellungen, anormalen Eintrocknungs- oder Degenerationserscheinungen stets unberücksichtigt blieben. Neben der Größe verdient die Septierung beachtet zu werden. Es gibt beispielsweise Arten mit nur oder fast nur 5-(*F. subulatum*) und solche mit 3-septierten (*F. solani*) Konidien, aber auch solche, deren Konidien selbst auf den günstigsten Substraten ebenso konstant sowohl 3, 4 als auch 5 Septen hervorbringen können (*F. discolor*).

In welcher Weise Größen- und Septenverhältnisse notiert und für die Diagnosen verwertet wurden, geht aus folgendem Beispiel für *Fusarium solani* (Mart.) hervor:

Von einer 60 Tage alten, von Mycel hergeleiteten Kultur auf gekochten Kartoffelstengeln wurden folgende Größen gemessen:

0septiert		1septiert		3septiert		4septiert		5septiert	
μ		μ		μ		μ		μ	
10,5	3,5	22,5	5,2	33,0	5,7	39,0	6,0	48,0	6,0
9,0	3,0	22.5	5,3	33,0	5,5	37,5	5,7	46,5	6,0
13,0	3,7	16,5	4,5	37,5	5,7	42,7	6,0	42,0	6,0
10,5	3.5	21,0	5,2	31,5	5.7	37.0	5,7	49,5	6,0
9,0	3.5	21,7	4.0	33,7	5,7	44,2	5,5	45,0	6,0
9,0	3,5	17,5	4,5	37,5	6,0	39,5	6.0	50,2	6,0
9,0	3,5	18,0	4,5	30,7	5,5	45,0	5,7	55,5	6,0
10,5	4,0	21,7	4,5	36,0	5,7	46,5	6,0	46,5	6,0
8,5	3,0	15 0	4.0	36,7	5,5	38.0	6,0	48,0	6,0
7,5	3,0	19,5	4,5	34,5	6.0	39.0	5,7	51,0	6,0
$10\times3^1/_2$		$20\times4^1/_2$		$34\times5^3/_4$		$41\times5^3/_4$		48×6	

2-septierte waren so selten, daß auf ihre Messung verzichtet worden ist. Messung und Zählung ergaben:

0septiert $10\times3^1/_2$ μ, 4 pCt.;
1 „ $20\times4^1/_2$ μ, 5 „ ;
2 „ — — 3 „ ;
3 „ $34\times5^3/_4$ μ, 67 „ ;
4 „ $41\times5^3/_4$ μ, 16 „ ;
5 „ 48×6 μ, 5 „ .

Aus diesen und weiteren Beobachtungen wurden folgende Grenzen der Prozentzahlen der Konseptaten ermittelt:

1septiert 8—0 pCt.;
2 „ 14—0 „ ;
3 „ 67—90 „ , gelegentlich bis 100 pCt.;
4 „ 16—0 „ ;
5 „ 6—0 „ .

Das heißt unter gleichzeitiger Berücksichtigung einiger Serien von Durchschnittsgrößen:

Normale reife Konidie 3septiert, 30—40 × 5—6 μ,
seltener 2 „ , 27 × $5^1/_4$ „
und 4 „ , 35—41 × 5—6 „,
ausnahmsweise 1 „ , 20—23 × $4^1/_2$ „
und 5 „ , 48 × 6 „.

Die Feststellung des herrschenden Septentyps ist deshalb so notwendig, weil mit der Septierung die Durchschnittsgröße, vor allem die Länge, steigt. Hätte *Fusarium solani* nämlich normal 3—4-septierte Konidien, so würde notwendig die obere Grenze der Durchschnittslänge höher als 40 μ liegen, da Quattuorseptaten länger sind als Triseptaten. Das wurde früher nicht genügend beachtet, sondern man benutzte anormal kurze und lange Konidien kritiklos zur Aufstellung des Längenbereichs. Dieser Standpunkt war nur

erklärlich, solange die Arten nicht kultiviert wurden, ebenso die irrtümliche Ansicht von der fast unbegrenzten Variabilität.

In früheren Diagnosen liest man häufig: „Konidien haben mehrere Vacuolen", oder „ringartig vortretende Septen, falsche Scheidewände" u. dgl. Da sich die Lichtbrechung der Septen je nach Kultur ändert und bis zur Unsichtbarkeit schwach werden kann, und die Septen durch Kontraktion der zwischen ihnen liegenden Zellen bei Austrocknung ringartig hervortreten, so sieht man, daß ohne Kultur die wirklich variablen Faktoren, wenn überhaupt, so doch nie mit Sicherheit erkannt worden sind. Wir haben also zwei, oft gar nicht mehr wieder gut zu machende Fehler der früheren Beschreibungen festgestellt: Variables wurde für konstant, Konstantes für variabel gehalten. Damit soll nicht gesagt werden, daß bei guter Beurteilung der Naturfunde die Kultur nicht auch einmal entbehrlich sein kann, auch nicht, daß die Kultivierung ohne gute Beurteilung die Gefahr ausschließt, abnorme oder krüppelhafte Stadien für normal zu halten. So wurde die falsche Ansicht, die einzelligen Krüppelformen, die manche Fusarien leicht in sehr stoffreicher oder sehr stoffarmer Kultur bilden, als normalen besonderen Sporentyp, Mikrokonidien, zu betrachten, in erster Linie durch die Kultur hervorgerufen: Ungünstige Substrate förderten zunächst das Mycelwachstum, nach Monaten kamen endlich viele kleine Konidien; da andere nicht mehr oder nur ausnahmsweise auftraten, so lag es nahe, den Mikrokonidien die Bedeutung eines normalen Sporentyps beizulegen. Um den damit begangenen Fehler aufzudecken, mußten die Züchtungsmethoden selbst erst ausgearbeitet und die einzelnen Substrate auf ihren Wert für normale Kultur geprüft werden. Dabei konnte nur der normale Entwicklungsgang als Kriterium gelten. Je sicherer auf einem Substrat alle Entwicklungsformen zur Ausbildung kommen, desto höher ist sein Wert. Die größte Schwierigkeit lag darin, daß der Begriff „normal", das Kriterium für den Wert des Substrats, erst gefunden werden mußte. Das ging nur wieder durch immer von neuem vorgenommene Vergleiche zwischen Natur- und Kulturfunden, die, wie man beweisen kann, nicht oder sehr selten exakt gemacht werden können, solange keine festen Grundlagen der Beurteilung vorhanden sind. Ist Mycel Ausgangspunkt der Kultur, so ist die Zusammengehörigkeit etwa auftretender Konidien, Chlamydosporen, Perithecien fraglich und außerdem ein Vergleich mit der Natur (die ja nur ein Glied der Kette, die Mycelform, geboten hatte) unmöglich. Sind Konidien Ausgangspunkte, so liegt die Sache schon günstiger, wenn diese Naturkonidien

gleichmäßige Form hatten. Haben sie diese nicht, so kann man ebensogut annehmen, daß Fremdpilze dazwischen seien, als, daß eine Art mit variabler Konidienform vorliege. Die Fehlerquelle ist um so größer, je unbestimmter und mannigfaltiger die Naturkonidien erscheinen. Einen Begriff davon wird man sich machen können, wenn man sich vorstellt, daß z. B. auf einer einzigen faulenden Kartoffel gelegentlich bis zu 20 Pilze gefunden werden, und zwar, wie jetzt aus der fortschreitenden Bestimmung der durchgezüchteten Formen hervorgeht, eine oder eine Anzahl Arten aus den Gattungen *Fusarium*, *Verticillium*, *Spicaria*, *Volutella*, *Periola*, *Melanospora*, *Chaetomium*, *Ascochyta*, daneben die gewöhnlichen Schimmelpilze und andere, die aber in keinem Entwicklungsstadium zu verwechseln sind. Oft liegen ja einheitliche Konidienpolster vor, oft aber finden sich dazwischen fremde Pilze, was aber wegen der Ähnlichkeit der Hungerformen z. B. von *Fusarium*-Konidien mit normalen von *Spicaria* nur durch Kultur erwiesen werden kann. Man wird einwenden, der Bau der Konidienträger, der Gesamteindruck des Schimmels u. a. m. lieferten Stützpunkte für die Entscheidung, ob ein oder mehrere Pilze vorliegen. Dagegen läßt sich sagen, daß zwar die Konidienträger des einen Pilzes in der Kultur eine höhere Entwicklung verraten als die eines anderen, da aber die Bildung des Geästes eine successive zu sein pflegt, macht ein Pilz mit hochentwickelten Trägern die ganze Kette niederer Tragstände durch, Zustände, in denen er anderen Arten gleichen kann. Denn während der ganzen Dauer der Bildung des Trägers können terminal normale Konidien eine nach der anderen abgeschnürt werden, während sich die Glieder strecken und verzweigen. Der Gesamteindruck wird aber durch das Substrat sehr beeinflußt; beispielsweise finden sich auf einer Knolle infolge von Bakterienfäule alle Übergänge von gesunden zu kranken Geweben, von trockenen zu feuchten Partien, auf denen Fusarien und andere Pilze überall wachsen können, aber stets mit Veränderungen reagieren, die sowohl das Mycel als die Fruktifikation, in letzterem Falle wieder sowohl die Menge der Sporen als ihre Qualität beeinflussen können. Hierdurch entstehen so mannigfaltige Bilder, daß es sich herausgestellt hat, daß alle Glieder der normalen Entwicklungskette, ferner Reifezustände und Anomalien eines Pilzes erst nach Durchzüchtung in der Kultur auch auf dem natürlichen Substrate sicher verstanden werden können. Dann kann es vorkommen, daß der Gesamteindruck der Konidienlager, die gestaltlos oder in besonderer Form entstehen, für eine Art charakteristisch sind, für eine andere nicht. Die Kultur hat aber gezeigt,

daß die Pilze, die septierte Sichelkonidien in formlosen Schleimlagern entwickeln, in die Gattung *Pionnotes* zusammengefaßt und so von *Fusarium* getrennt worden waren, echte Fusarien sind, da die *Pionnotes*-Arten in der Kultur alle Übergänge zu den für Fusarien eigentümlichen begrenzten Konidienlagern (Sporodochien) aufweisen. Es kommt dabei nur auf die Wahl des Substrats an. Auch das Zurücktreten des Mycels gegenüber der Konidienentwicklung, das bei der Aufstellung der Gattung *Fusoma* die entscheidende Rolle gespielt hat, hängt vom Substrat ab, weshalb auch *Fusoma* fallen muß. Während der Name *Fusoma* entbehrlich wurde, ist *Pionnotes* als Bezeichnung des Zustandes einer schleimartigen unbegrenzten Konidienmasse beibehalten. Es kommen übrigens ausnahmsweise Arten vor (*F. orthoceras*, *F. ventricosum* ad int.), deren Konidien statt lagerartig (Sporodochien [Tafel XIII, 8, 9], Pionnotes, Coremien) immer nur nicht lagerartig, im Mycel zerstreut (Tafel XIII, 10), in falschen Köpfchen oder höchstens in kleinen Ballen, auftreten. Aber da dies Ausnahmen sind, und es auch nicht ausgeschlossen ist, bei Variation der Nährmedien auch solche zur Bildung von Konidienlagern zu zwingen, so ist einstweilen davon abgesehen, ihnen innerhalb der Gattung einen besonderen Platz zu geben. Immerhin erhöhen solche Verhältnisse die Unterscheidbarkeit der Arten und können wichtig werden, wenn andere Mittel versagen.

Die Konidien sitzen nun an Trägern, deren Bau sehr verschieden sein und daher manchmal zur Unterscheidung der Arten herangezogen werden kann.

Dabei sei vorausbemerkt, daß auch nicht in einem einzigen Falle die Träger in ihrer Vollendung auf dem natürlichen Fundorte des Pilzes zu finden waren, sondern alle erst in Kultur gewonnen wurden. Manche Fusarien haben allerdings nur unregelmäßig angeordnete unverzweigte Träger, deren Sterigmen nur ausnahmsweise gedreit stehen (*F. orthoceras*), andere ein unregelmäßig, selten paarig verzweigtes ausgebreitetes Geäst und eine ebensolche Sterigmenanordnung (*F. Willkommii*), häufiger ist die paarige oder gedreitete Anordnung bei *F. theobromae* (Textabb. 2 D). Hier fallen mehrere Etagen auf, was auch für *F. discolor* (Textabb. 2 C) gilt, das allerdings selten Träger mit über 2 Etagen hat, aber Sterigmen in höherer Zahl entwickelt als vorige Art. Während hier die Mittelachse mehr oder weniger ausgedehnt erscheint, ist sie bei manchen Arten meist gestaucht, z. B. bei *F. rubiginosum*, wo sie nach der Anlage des die Weiterentwicklung übernehmenden Grundwirtels (Textabb. 2 B) allmählich verkümmert. Da die Äste desselben und ihre Verzweigungen zentrifugal weiterwachsen, kommt

eine Gesamterscheinung heraus (Textabb. 2 A), die im achsilen Längsschnitte die Form eines Kreisausschnittes hat.

Es sind also eine Reihe von Gegensätzen bei Trägern verschiedener Arten auffallend. Bezüglich ihrer Funktion ist noch zu bemerken, daß sie nicht nur Konidien, sondern auch die am Schlusse der Vegetation bei einigen Fusarien entstehenden Chlamydosporen tragen. Chlamydosporen erhält man in der Kultur ferner

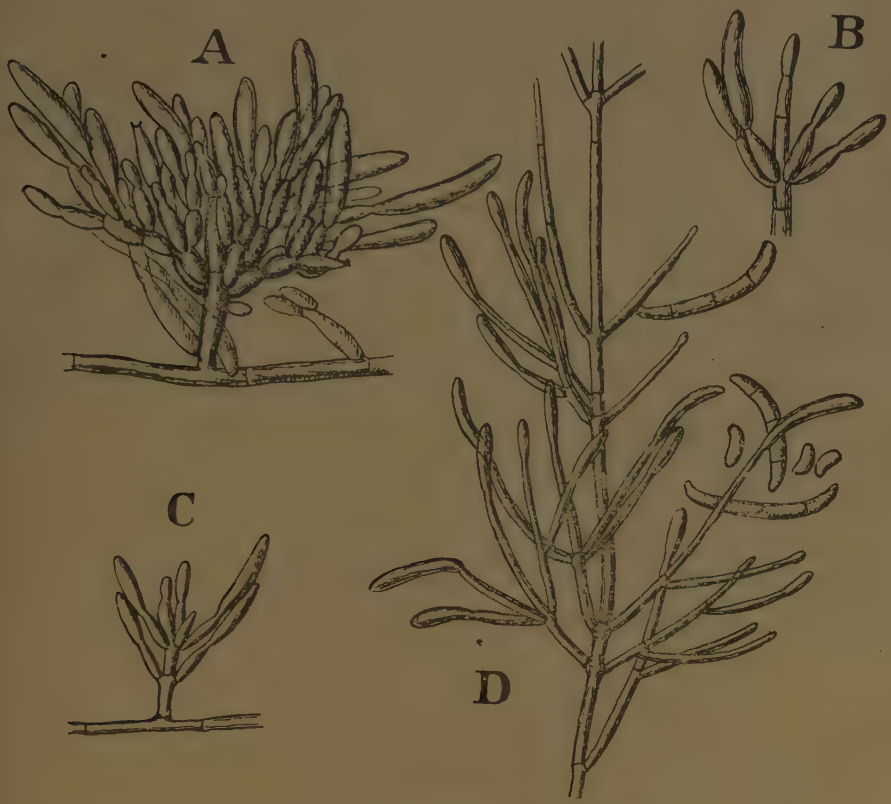


Abb. 2. Konidienträger. Vergr. 500.
A u. B. *Fusarium rubiginosum* App. et Wollenw.
C. *Fusarium discolor* App. et Wollenw.
D. *Fusarium theobromae* App. et Strk.

intercalar, in und an den Hyphen, einzeln, in Ketten und Knäueln und auch in und an den Konidien einzellig oder mehrere in einer Reihe. An einer Stelle entsteht im Gegensatz zu den Konidien immer nur eine Chlamydospore, die aber Doppelzelle sein kann. Glattwandig in der Jugend, wird sie im Alter oft warzig. Das Vorhandensein oder Fehlen von Chlamydosporen ist ein besseres Unterscheidungsmittel als ihre Anordnung, Form, Größe, Bewarzung usw.

Das aus nicht zusammengewachsenen Fäden bestehende Mycel zeigte sich in der Kultur so variabel in Septierungsweite, Breite und Verzweigung, daß eine Verwertung für die Systematik nicht möglich war. Die plectenchymatischen Mycelien dagegen konnten eigentümliche Formen annehmen, die gelegentlich einmal bei der Artentrennung in Betracht kommen dürften. Sie Sklerotien zu nennen, scheint nicht erforderlich, obwohl sie sich hie und da vom Stroma in Knötchen oder Warzenform abheben und durch ihre Farbe auffallen können.

Auf die Farbe der Fusarien ist ein Hauptgewicht zu legen. Das ist bisher schon in der Systematik geschehen, doch nicht durchweg, so daß nicht viele Arten nach der Farbe wiederzuerkennen sind. Am besten ist bisher die Farbe der Konidienlager berücksichtigt, besonders die nach Rot und Orange gehenden, die in der Natur sehr auffallend sind. In der Kultur lassen sich die Naturfarben ebenfalls hervorrufen, hie und da mit Schwankungen, die von der Feuchtigkeit und von Zutaten des Substrats abhängig sind. Die reine Konidienfarbe trat meist nur auf Substraten auf, die selbst ungefärbt waren, während Substratfarben, wie der bräunliche Saft von gekochtem Obst, Mycel und Konidien durchdringen und diese färben können. Darauf war zu achten.

Die sehr charakteristischen und scharf voneinander zu unterscheidenden Farbstufen wurden geordnet nach den Zahlen in Klinck-sieck und Th. Valette's (1908) Code des Couleurs à l'usage des naturalistes; die wichtigsten wurden außerdem wie folgt benannt:

Konidienfarben: gelblichweiß,
bräunlichweiß,
ocker,
orange.

Auch das Mycel konnte kräftige Farbstoffe entwickeln, besonders das plectenchymatische, und zwar:

Mycelfarben: blau,
oliv,
rot,
gelb.

Bei manchen Arten waren Mycel- und Konidienfarben gleich, bei anderen verschieden. Meist handelte es sich bei jeder Wuchsform nur um eine Farbe bei jeder Art. Aber es konnten mehrere vorhanden sein. In Konidien konnte eine Farbe eine Zeitlang herrschen als Jugendfarbe und dann einer anderen, der Reifefarbe, Platz machen oder eine Farbe eine andere überdecken. Plectenchyme konnten eine herrschende Farbe haben, während eigenartige,

gelegentlich auf ihrer Oberfläche auftretende Knötchen oder Warzen eine scharfe Kontrastfarbe aufwiesen.

Der ganze Farbenreichtum läßt sich nur kulturell verfolgen, in der Natur ist die Mycelfarbe oft leicht zu übersehen, weil häufig nur Konidien mit kaum entwickelten Mycelien gefunden werden.

Einige Farben zeigen basische Reaktion unter Farbenumschlag bei Reaktionsänderung, andere nicht.

Endlich ist noch der Geruch zu erwähnen, den einige Fusarien auf einem Substrate ausströmen, andere nicht.

Es ist damit eine ganze Reihe von Unterscheidungsmomenten durch die Kultur entweder aufgefunden oder vertieft worden. Man kann daher die Kultur mit Recht eine Grundlage der Systematik nennen.

Um einen Begriff zu geben, wieviel bestimmter sich beispielsweise für ein *Fusarium* der Artbegriff allein unter Zugrundelegung der Kultur gestalten läßt, seien die Diagnosen von *F. solani* einander gegenüber gestellt:

Bisherige Diagnose, die natürlich nicht dieselben Ausmaße der Konidien zeigt, weil *F. solani* ein Sammelbegriff ist:

F. solani (Mart.)

Syn. *Fusisporium solani* Mart. in Denkschr. Ak. Wiss. München, S. 20 (1842), Tab. III, Fig. 25—30. — HARTING in Nieuwe Verh. eerste Kl. Kon. Ned. Inst. Amsterdam XII, 226, Tab. II, Fig. 6.

Fusarium solani Sacc. Michelia II, 296 (1881); Syll. IV, 705. — OUDEM. Cat. Champ. Pays Bas, p. 532. Massee Brit. Fung. Fl. III, 481, Fig. 14. — WEHMER in Centralbl. f. Bakt. u. Par. 2. Abt. III, 727.

Exs. v. THÜMEN, Fungi austr., 283.

Fruchtlager kuglig, unregelmäßig, weißlich, behaart. Konidienträger verzweigt, Konidien spindelig-sichelförmig, mit 3—5, selten mehr Scheidewänden, fast hyalin, 40—60 μ lang, 7—8 μ dick, wenig variierend.

An trockenfaulen Kartoffeln in Deutschland, Böhmen, Krain, Belgien, Holland, Dänemark, Italien, England, Nordamerika; in Kanalwässern in Breslau (BANDMANN); in der kälteren Jahreszeit.

Die jetzige Diagnose lautet dann:

Fusarium solani (Martius pr. p.).

Syn. *Fusisporium solani* Martius pr. p.

MARTIUS in Denkschrift Ak. Wiss. München S. 20 (1842).

KARSTEN in Bot. Unters. a. d. physiol. Lab. d. landw. Lehranstalt Berlin, I, S. 69—75 (1865), Fig. I u. II.

HARTING in Nieuwe Verh. eerste Kl. Kon. Nederl. Inst.

Amsterdam XII, S. 227 (1846) (sub *F. solani flavum*) Tab. II, Fig. 5 u. 6.

Wehmer in Centralbl. f. Bakt. u. Path. 2. Abt. III, S. 727 (1897), Tab. X u. XI (sub *Fusarium Solani* Sacc.).

Pionnotes solani tuberosi (Desm.) vgl. Lindau in Rabenh. Krypt. Fl. IX. Abt., S. 513 (1909).

Fusarium commutatum Sacc. vgl. Lindau in Rabenh. Krypt. Fl. IX. Abt., S. 574 (1909).

Konidien nicht lagerartig (zerstreut, in falschen Köpfchen, in Ballen) oder lagerartig (Coremien, Sporodochien, Pionnotes). Normale reife Konidien im mittleren Teile fast drehrund spindelförmig, sehr schwach gekrümmt, mit kaum merklicher Anschwellung gegen das freie Ende zu, beidendig wenig verjüngt; im Längsschnitt mit flachbogiger Bauch-, dagegen stets gestreckt ellipsoidischer Rückenlinie, die, besonders am Scheitel, plötzlich umbiegt und mit stumpfem Schlußbogen in die Bauchlinie einmündet; die Basis stumpflich, oft mit kaum sichtbarem Wärzchen. 3 Scheidewände; durchschnittlich 30—40×5—6 μ (Grenzen 25—45×4½—6½ μ), seltener 2 und 4, ausnahmsweise 1 und 5 Scheidewände (Grenzwerte: 1 septiert 15×4 μ minimum; 5septiert 59×6½ μ maximum, größte Breite 7 μ; höchste Septenzahl 7). Farbe der Konidienmassen bräunlichweiß, im Alter hellbräunlich, gelegentlich grünlich infolge Hinzutretens eines grünlichblauen Plectenchymfarbstoffes. Konidienträger an Einzelhyphen oder Coremien, einfach oder verzweigt. Verzweigung baumartig, gestreckt, ausgedehnt oder strauchartig, gestaucht gedrungen. Seitenäste unregelmäßig oder in zweigliedrigen, oft decussierten, gelegentlich dreigliedrigen Wirteln angeordnet. Sterile Hyphen im mittleren Teile 3—4 μ (Grenzen ¾—10 μ) dick. Als Rasen fast weiß, oft mit etwas bräunlichweißem plectenchymatischen unteren Teile. Chlamydosporen an alten Konidienträgern, an anderen Hyphenarten, ferner innerhalb der Mutterkonidie oder als Abschluß eines kurzen Keimschlauches; terminal, intercalar, einzellig, rundlich oder birnenförmig, im Durchschnitt 8½×8 μ, zweizellig mit Einschnürung bei der Scheidewand, 12×7¾ μ, seltener in Ketten oder Knäueln, glatt, ausnahmsweise kaum merklich fein, selten deutlich bewarzt Stroma der Sporodochien bräunlichweiß. Auf trockenfaulen oder naßfaulen Kartoffelknollen und auf Melonen in Deutschland.

Trotz großer Sorgfalt in der Beschreibung der feineren Formmerkmale der Konidien ist die Unterscheidung der Arten auch jetzt noch nicht immer ohne Abbildung möglich; besonders wenn es sich um eine größere Anzahl Arten handelt, wird der Wortlaut kaum die bildliche Vorstellung erschöpfen können. Das Auge übersieht

mit einem Blick, wo Gegensätze hervortreten. Auch die Größenunterschiede nimmt es sofort war. Freilich müssen vorausgesetzt werden, was gerade für die Darstellung von Fusarien nicht oft genug betont werden kann: Einheitliche nicht zu kleine Vergrößerungen (1000 bewährt sich gut für den Vergleich der einzelnen Normaltypen von Konidien, 500 für den von Konidiengruppen, die die normalen Formschwankungen zeigen sollen, auch für Konidienträger). Dabei ist es von Vorteil, bequeme Vergrößerungen wie 1000, 500, 250 usw. zu wählen, die man zuvor für eine bestimmte Zeichentischhöhe, bestimmte Objektive und Okulare und Tubuslängen tabellarisch absolut genau ermittelt hat. Dann dienen die Abbildungen zugleich als bequeme Belege für die Ausmaße der Entwicklungsformen. Mißt man beispielsweise eine 1000fach vergrößerte Konidie 30 mm lang, 5 mm breit, so ist sie in Wirklichkeit $^{30}/_{1000}$ mm = 30 μ lang und 5 μ breit. Anstatt von den Vorteilen solcher Vergrößerungen Gebrauch zu machen, wird das Objekt sehr häufig irgendwie eingestellt, abgebildet und nachher erst die Vergrößerung errechnet, wobei ganz bunte Zahlengruppen zutage kommen, die dem Auge den Vergleich sehr erschweren.

Je schärfer der Normalbegriff auf Erzeugnisse künstlicher Reinkulturen begründet werden kann, desto mehr lohnt es sich, die größte Mühe auf die Schärfe und die Uebersichtlichkeit der Darstellung des als normal Erkannten zu verwenden. Nur dadurch ist die Systematik der Gattung *Fusarium* und anderer zu bewältigen.

Bei der Kultivierung der Fusarien wiederholte sich immer die Reihenfolge der Entwicklungserscheinungen bei gleicher Kulturanordnung. Man konnte im Laufe der Kultur auf einem Substrate von der Beimpfung bis zum Ende unterscheiden den Zustand der Jung-, Hoch- und Altkultur. Erstere zeichnet sich durch das Vorkommen krüppelhafter, unregelmäßiger, gelegentlich verquollener oder auch zusammengezogener Sporen aus, letztere durch das ähnlicher, oft als Hungerformen anzusehender Formen, die z. B. auftreten, wenn die Nährkraft erschöpft, aber noch Feuchtigkeit vorhanden ist. Am wichtigsten ist die Hochkultur mit den gleichmäßigsten Sporenformen. Ist eine *Fusarium*-Art nun an andere Verhältnisse in der Natur gewöhnt, so bedarf es einer gewissen Zeit und mehrmaliger Ueberimpfung auf frisches Substrat, bis sie sich in die der Einheitlichkeit der Bearbeitung wegen notwendige gleichartige Kulturmethode einfügen läßt und dann wie die eben erwähnte Reihenfolge der Entwicklungserscheinung dauernd innehält. Bezeichnet man den Zustand vor der Anpassung mit An-, den mit vollendeter Anpassung beginnenden mit Normkultur, so ist nur noch ein dritter denkbar, der aber bei keinem *Fusarium*

bisher sicher nachgewiesen worden ist, die Abkultur, womit eine Art Herabzüchtung gemeint ist, die denkbar wäre unter der Voraussetzung dauernd ungünstiger Verhältnisse in künstlichen Reinkulturen. Die Kulturmethode erwies sich aber als völlig ausreichend zur Erzielung von normalen Entwicklungsformen, selbst bei mehrere Jahre währender Weiterzüchtung.

Daß die gewählte Methode wirklich den ganzen normalen Entwicklungsgang erzwingen kann, wurde dadurch bewiesen, daß sich aus einigen Fusarien auch Perithecien von *Gibberella*, *Neocosmospora*, *Nectria* züchten ließen. Dabei war besonders bemerkenswert, daß *Fusarium Willkommii*, das auf Laubbäumen den gefürchteten Krebs hervorruft, auf gekochten Stengeln von Kartoffel zur Perithecienbildung schritt, sich also damit als *Nectria ditissima* erwies. Das heißt also, daß *N. ditissima* auch auf totem Substrate den Kreis seiner Entwicklung schließt, also nur ein Gelegenheitsparasit ist.

Dieselbe Kulturmethode leistete auch für *Verticillium*, *Spicaria*, *Volutella*, *Periola*, *Ascochyta* usw. gute Dienste. *Ascochyta* fand sich z. B. auf Bohnenhülsen als ein ockerfarbiger Schleim aus zweizelligen Stäbchenkonidien, die erst den Verdacht nahelegten, daß es sich um einen *Fusarium* nahestehenden Pilz handle. Nach 14 Tagen Kultur auf gekochten Stengeln bildeten sich aber die typischen Pykniden. Ebenso war es mit *Periola*, das in der Natur anstatt in Pykniden, als Schleim freier Konidien vorkommen kann. Überall ist hier die Kultur die Grundlage der Erkennung und der Systematisierung geworden, und man wird nicht fehlgehen, wenn man behauptet, daß eine befriedigende Systematisierung der Hyphomyceten überhaupt nur mit Hülfe der Kultur möglich ist.

Erklärung zu Tafel XIII.

1—7 nach Photographien von Konidien, die mit Osmiumtetroxyd fixiert, mit Wollblau (in Lactophenol) gefärbt und aufbewahrt waren (Vergr. 500), 8—10 nach Photographien von gekochten Kartoffelknollen mit 14 Tage alten Fusariumkolonien (natürl. Größe). 4 u. 7 Jung-, die anderen Hochkulturen.

1 u 2. *Fusarium solani* (Mart.).

3. „ *theobromae* App. et Strk. } bei einigen die Kerne als dunkle
4. „ *Willkommii* Lind. } Punkte hervortretend.
5. „ *discolor* App. et Wollenw..
6. „ *subulatum* „
7. „ *metachroum* „

8. Knolle mit *Fusarium rubiginosum* App. et Wollenw. mit Konidienkrusten auf plectenchymatischen Warzen.

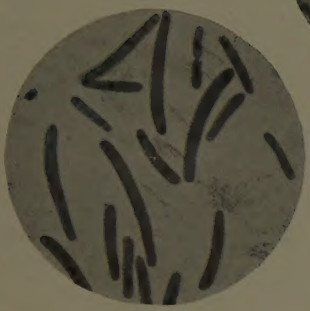
9. „ „ „ *Martii* App. et Wollenw. mit feuchtem, schleimigen Konidienmantel (Pionnotes).

10. „ „ „ *ventricosum ad int.*, mit hohem, dichten, gelblichweißen Mycelpolster, in das die Konidien eingestreut liegen.

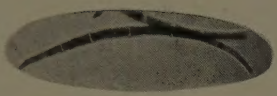
1

2

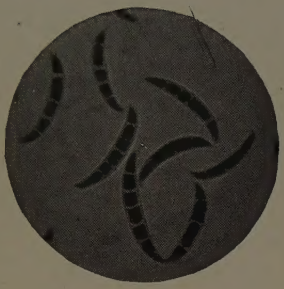
3



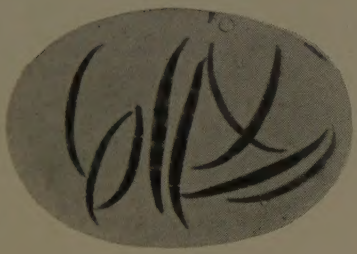
4



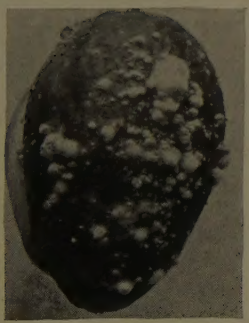
6



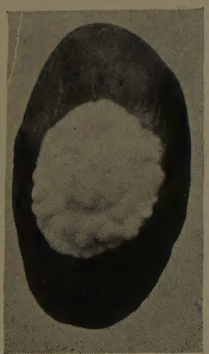
5



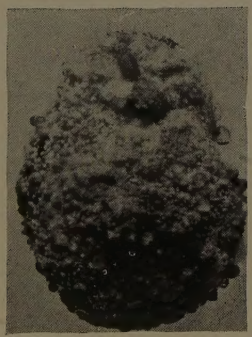
7



8



10



9